



Cours 6

Version textuelle

Assurance qualité et contrôle qualité dans un inventaire forestier national

La version interactive de cette cour est disponible gratuitement à l'adresse suivante :

<https://elearning.fao.org/?lang=fr>



Certains droits réservés. Ce(tte) œuvre est mise à disposition selon les termes de la licence CC BY-NC-SA 3.0 IGO (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/3.0/igo/deed.fr>).

Dans cette cours

Leçon 1: Considérations générales sur l'AQ/CQ.....	5
Introduction de la leçon	5
Qu'est-ce que la qualité et pourquoi est-elle pertinente dans les IFN?	5
AQ/CQ: les personnes impliquées.....	7
Risques pour la qualité dans les IFN.....	8
Le protocole d'inventaire comme prérequis pour l'AQ.....	9
Résumé.....	10
Leçon 2: AQ/CQ dans la planification et les analyses.....	12
Introduction de la leçon	12
L'AQ/CQ dans la préparation, la planification et la conception de l'IFN	12
L'AQ/CQ dans l'utilisation de données et modèles disponibles.....	14
Résumé.....	20
Leçon 3: AQ/CQ dans les sources de données immédiates	22
Introduction de la leçon	22
Observations générales.....	23
Erreurs typiques dans le travail de terrain	25
Mesures typiques dans le CQ du travail de terrain	31
Résumé.....	33

Ce cours propose une vue d'ensemble des procédures d'assurance qualité (AQ) et de contrôle qualité (CQ) dans la collecte et la gestion de données d'un inventaire forestier.

À qui ce cours s'adresse-t-il?

Ce cours s'adresse principalement aux personnes impliquées dans l'AQ/CQ des données de terrain des IFN, particulièrement intéressées par les principes et les procédures de l'assurance qualité et de la publication des résultats. Ce cours vise particulièrement:

1. Les techniciens forestiers responsables de la mise en œuvre des IFN de leur pays.
2. Les planificateurs des IFN.
3. Les équipes du suivi national des forêts.
4. Les étudiants, en tant que matériel programmatique dans les écoles forestières.
5. Les jeunes et les nouvelles générations d'agents forestiers.

Structure du cours

Ce cours est composé de trois leçons.

Leçon 1: Considérations générales sur l'AQ/CQ	Cette leçon décrit l'importance de la qualité à chaque étape d'un IFN, et présente les responsabilités de toutes les parties prenantes pour la maintenir.
Leçon 2: AQ/CQ dans la planification et les analyses	Cette leçon aborde l'AQ et le CQ dans les phases de planification et d'analyse et identifie des mesures d'AQ/CQ adaptées pour ces phases.
Leçon 3: AQ/CQ dans les sources de données immédiates	Cette leçon décrit les questions de qualité dans la collecte de données de terrain.

À propos de la série

Ce cours conclut une série de huit cours individualisés couvrant divers aspects d'un IFN. Voici un aperçu de la série complète.

Cours	Apprentissages
Cours 1: Pourquoi un inventaire forestier national (IFN)?	Objectifs et but d'un IFN, et comment les IFN informent la conception de politiques et la prise de décisions dans le secteur forestier
Cours 2: Préparation d'un inventaire forestier national	La planification et le travail nécessaire pour mettre en place un IFN efficace ou un système national de suivi des forêts (SNSF).
Cours 3: Introduction à l'échantillonnage	Aspects généraux de l'échantillonnage dans les inventaires forestiers.
Cours 4: Introduction au travail de terrain	Considérations pour le travail de terrain, les variables au niveau parcellaire et les mesures au niveau de l'arbre.
Cours 5: Gestion de données dans un inventaire forestier national	Collecte d'information et gestion de données pour les IFN.
 Cours 6: Assurance qualité et contrôle qualité dans un inventaire forestier national	(Vous suivez actuellement ce cours).
Cours 7: Éléments de l'analyse de données	Approches/calculs typiques dans les analyses de données et questions connexes.
Cours 8: Résultats de l'inventaire forestier national: notification et diffusion	Publication des résultats de l'IFN et importance de la notification dans le contexte des actions REDD+.

Leçon 1: Considérations générales sur l'AQ/CQ

Introduction de la leçon

Les IFN sont conçus pour produire des données significatives sur les forêts et les arbres au niveau national. Comme dans tout processus de production, la production est par conséquent une préoccupation majeure. La qualité du produit doit être aussi élevée que possible – mais toujours dans les limites des ressources disponibles.

Cette viabilité en termes de ressources est un critère pertinent. L'autre critère est que la qualité du produit doit servir l'objectif pour le lequel il a été mis au point. Établir les exigences de qualité minimum des données des IFN est difficile et ne fait pas l'objet de recherche intense – il s'agit encore d'une lacune de recherche à combler concernant les IFN.

Objectifs

A la fin de leçon, vous serez en mesure de:

1. Décrire l'importance de la qualité à toutes les étapes d'un IFN.
2. Identifier à qui correspond la responsabilité de suivre la qualité.
3. Expliquer pourquoi les erreurs sont omniprésentes dans les entreprises empiriques comme les IFN.
4. Présenter les objectifs d'un processus AQ/CQ.
5. Expliquer l'importance de l'établissement et la documentation de normes de qualité.

Qu'est-ce que la qualité et pourquoi est-elle pertinente dans les IFN?

Les produits primaires et bruts des IFN sont les **données** pour un ensemble complet de variables différentes, telles que définies dans le protocole d'inventaire. Après analyse et interprétation, un autre produit est l'**information**, où les données agrégées et analysées sont converties en apports significatifs pour les processus de conception de politiques et prise de décisions. Cette information est couramment présentée comme résultats, sous forme de tables, graphiques, cartes, etc.

Contrairement à de simples produits industriels, les caractéristiques qualitatives des produits des IFN ne sont cependant pas visibles immédiatement, mais doivent être retracées en suivant le processus de

production, autrement dit à toutes les étapes qui font la collecte et l'analyse de données.

Définition des normes de qualité dans un IFN

Comment définit-on la **qualité** dans le contexte de données et de résultats? Dans une campagne idéale (mais irréaliste) de mesure/d'observation, les mesures/observations devraient correspondre aux vraies valeurs. Néanmoins, dans les inventaires forestiers, les vraies valeurs peuvent ne jamais être connues pour aucune des variables enregistrées, et cela se vérifie pour tout projet empirique qui implique des mesures.

Il est important de le comprendre: il aura toujours des erreurs aléatoires – et l'un des principes directeurs des IFN est de réduire le plus possible ces erreurs aléatoires et les contenir dans des limites définies. Ainsi, **lorsque les ressources disponibles sont conformes aux normes de qualité définies**, on peut dire que les **données sont de qualité décente**. Ici, les normes de qualité définies signifient que les écarts aléatoires avec les vraies valeurs supposées se trouvent dans ces limites définies.

Il n'existe pas de norme générale pour la qualité des données d'aucune des variables enregistrées dans un IFN. C'est aux organisateurs de l'IFN de définir des normes – aussi bien concernant l'exactitude cible des mesures que les approches/techniques de mesure. Cependant, même si la définition de l'exactitude cible est une tâche éprouvante, aucun contrôle qualité ne sera possible sans cette définition.

Souvent, les normes d'anciens IFN ou d'IFN de pays voisins sont utilisées, où le principal critère est le coût marginal de la génération d'estimations plus exactes.



Note

La qualité est une question à toutes les étapes des IFN, un sujet transversal que l'on rencontre pratiquement partout. Par conséquent, même si ce cours est spécifiquement consacré à la question de l'AQ/CQ, le sujet est également présent et traité dans une certaine mesure dans tous les autres cours de cette série.

Définitions d'AQ/CQ

Avant d'examiner les principaux éléments d'AQ/CQ, voyons les définitions de ces processus

Assurance qualité (AQ)

L'assurance qualité (AQ) comprend toutes les mesures de planification et préparatoires dans le processus d'IFN qui contribuent à respecter les normes de qualité définies. L'assurance qualité est une question de planification et de mise en œuvre conforme à celle-ci; elle a lieu **avant** la production des données, en établissant les normes de qualité et définissant les procédures qui permettent d'y adhérer.

Contrôle qualité (CQ)

Le contrôle qualité (CQ) se réfère à toutes les mesures prises pour vérifier la qualité des produits de sorte qu'en cas de qualité insatisfaisante, des mesures correctives puissent être prises.

Le contrôle qualité a lieu **pendant** ou **après** le processus de production de données, en vérifiant et garantissant que les normes de qualité ont été suffisamment respectées.

C'est cette distinction de définition qui influence aussi la structure de ce cours. Après les observations générales de la première leçon, la leçon 2 traite des mesures d'assurance qualité pendant la planification et les analyses. Ensuite, la leçon 3 s'intéresse au contrôle qualité de la collecte de données sur le terrain et des sources de données de télédétection.

AQ/CQ: les personnes impliquées

Le **nombre et le type de personnes** impliquées dans les mesures d'AQ et de CQ est un point de distinction majeur: un petit groupe d'expert est impliqué dans l'AQ pendant la planification de l'inventaire et les analyses. Dans le meilleur des cas, ce sont des experts hautement spécialisés, qui travaillent de manière collaborative, sollicitant la rétroalimentation de leurs pairs sur des éléments de conception et des détails d'analyse. Si ces tâches ne sont pas couvertes par de tels experts, l'exercice complet de l'IFN peut éventuellement être compromis.

Au contraire, le contrôle qualité se réfère (dans une large mesure) à la collecte de données où de nombreuses personnes avec des profils divers (équipes de terrain interprètes d'imagerie) sont impliquées. Dans de nombreux cas, les personnes travaillant sur un seul aspect de l'IFN peuvent ne pas se sentir directement responsables de la réussite du projet entier. Pour asseoir les fondements de leur travail, les mesures d'assurance qualité sont essentielles, mais un contrôle qualité systématique reste nécessaire pour s'assurer que les mesures d'assurance qualité sont réellement effectives.

Si la qualité des produits est une responsabilité collective de toutes les personnes impliquées dans un IFN/SNSF, la responsabilité de l'AQ et du CQ revient à l'équipe de coordination.

De nouveau, l'AQ/CQ sous toutes ses facettes est l'un des composants par défaut qui doit être pris en compte dans toute planification d'IFN et de SNSF. L'absence explicite de mesures d'AQ/CQ peut être considéré comme un échec sérieux de la planification de l'IFN.

Mettre très souvent l'accent sur la qualité comme principe directeur dans les processus de planification et de mise en œuvre de l'IFN est une bonne pratique. En particulier dans les étapes de travail longues qui deviennent routinières, il est important de rappeler régulièrement à toute personne impliquée que les normes de qualité doivent être respectées. On se réfère ici principalement au travail de terrain et au travail visuel/manuel dans l'interprétation de la télédétection.



Rappel à la réalité

Les responsables de l'AQ/CQ ont aussi la responsabilité de créer une culture de traitement des erreurs et des doutes. Le manque de clarté des méthodes et les erreurs potentielles doivent immédiatement être traités et résolus – et non pas cachés et perpétués. L'erreur est humaine – mais il n'est pas intelligent de les dissimuler et/ou de les répéter.

Risques pour la qualité dans les IFN

Les personnes responsables de la planification et la supervision de l'IFN doivent toujours avoir à l'esprit qu'une qualité des données déficiente compromettra inévitablement la qualité des résultats. En science des données, on parle ainsi du principe **GIGO** (Garbage In – Garbage Out, en anglais), «à données **inexactes, résultats erronés**»: les sorties sont fonctions des entrées. Les principaux risques pour la qualité dans les IFN incluent:

- ↳ *Concentration insuffisante sur la qualité* - Ceci se réfère à toutes les phases et activités dans l'IFN, y compris les méthodes, les données, l'analyse et la notification des résultats.
- ↳ *S'estimer heureux avec une grande quantité de données collectées à bas coût* - Cela signifie sacrifier la qualité ou la validité méthodologique en faveur d'une génération de données rapide

et/ou moins coûteuse. Il est généralement bien meilleur d'avoir moins de données mais dont la qualité est contrôlée, que des masses de données sans contrôle qualité sérieux.

- ↳ *Sous-estimer la planification de projet et les ressources humaines, y compris le rôle de la motivation des équipes* - Dans les IFN, de nombreuses tâches sont fatigantes, longues et exigeantes, et peuvent devenir assez monotones au bout d'un moment. La routine automatisée peut devenir un ennemi de la qualité. Cela signifie que bien que la collecte de données de terrain puisse être considérée comme moins exigeante en termes scientifiques que la planification ou l'analyse d'un IFN, la qualité générale des résultats dépend essentiellement de la qualité du travail de collecte des équipes de terrain.
- ↳ *Protocoles d'inventaire ou manuels de terrain incomplets* - Des éléments incomplets laissant de la place pour des «ajustements individuels» pendant la collecte de données, ou pire, l'absence de manuel de terrain documentant les détails de l'IFN. Des procédures opérationnelles normalisées (PON) pour toutes les étapes de collecte de données sont désormais de plus en plus souvent mises en œuvre dans les pays.
- ↳ *Considérer un IFN essentiellement comme un exercice de cartographie axé principalement ou exclusivement sur la télédétection et le SIG* - Bien que la télédétection gagne en importance comme source de données dans les IFN, et que le SIG constitue un outil précieux pour la planification et les analyses des IFN, beaucoup d'autres sources de données et outils sont tout aussi importants.

Il apparaît évident que les IFN possèdent toutes les caractéristiques majeures des études empiriques typiques – les points de risque pour la qualité sont également valables pour tout autre étude scientifique empirique.

Le protocole d'inventaire comme prérequis pour l'AQ

En tant que répertoire de tous les détails de conception, définitions, procédures de mesure et approches analytiques d'un IFN, le protocole d'inventaire est un prérequis fondamental pour toute considération de la qualité. Il constitue donc aussi le point de référence pour toute question méthodologique sur l'IFN et un élément important de la transparence générale.

Le protocole d'inventaire et son importance ont déjà été mentionnés dans d'autres cours, notamment le **Cours 4: Introduction au travail de terrain**.

Le protocole de terrain est contraignant pour toutes les actions d'inventaire. Ne pas adhérer à la définition des procédures du protocole d'inventaire peut compromettre la cohérence et la qualité des données. Étant donné ce rôle crucial, il est recommandé que des efforts sincères soient déployés pour élaborer le protocole d'inventaire, et s'assurer qu'il soit complet, cohérent et transparent.

Puisqu'il n'existe pas de guide de bonnes pratiques pour les IFN (simplement parce qu'il n'y a pas de bonne approche unique généralement applicable), il est important d'inclure des détails sur tous les éléments de conception définis et des justifications pour leur utilisation.



Rappel à la réalité

De nombreuses mesures d'AQ/CQ décrites dans ce cours peuvent se traduire par des efforts supplémentaires qui entraînent des coûts supplémentaires. Si, par exemple, 5 à 15 pour cent de toutes les parcelles d'échantillonnages de terrain doivent être revisités par une équipe de contrôle (voir leçon 3), ces journées de terrain supplémentaires doivent être planifiées, ainsi que l'analyse de données supplémentaire.

De même pour l'observation de points échantillons de vérification au sol durant l'évaluation de l'exactitude des produits de télédétection. En outre, lorsqu'un comité de conseil est établi (voir leçon 2), les coûts pour les réunions et les honoraires doivent être planifiés, ainsi que les coûts de déplacement pour les réunions des réseaux IFN régionaux, le cas échéant.

Résumé

Avant de conclure, voici les principaux points d'apprentissage de cette leçon:

- La qualité est une question à toutes les étapes des IFN, c'est un sujet transversal que l'on rencontre pratiquement partout.
- L'AQ a lieu avant le processus de production et comprend toutes les mesures de planification et préparatoires dans le processus d'IFN qui contribuent à respecter les normes de qualité définies.

- Le CQ a lieu après le processus de production de données et se réfère à toutes les mesures prises pour vérifier la qualité des produits de sorte qu'en cas de qualité insatisfaisante, des mesures correctives puissent être prises.
- Si la qualité des produits est une responsabilité collective de toutes les personnes impliquées dans un IFN/SNSF, la responsabilité de l'AQ et du CQ revient à l'équipe de coordination.
- Le protocole d'inventaire documente tous les détails de conception, définitions, procédures de mesure et approches analytiques d'un IFN, et il constitue un point de référence pour toute question sur la méthodologie de l'IFN.

Leçon 2: AQ/CQ dans la planification et les analyses

Introduction de la leçon

Cette leçon aborde l'AQ/CQ dans la planification et les analyses.

Rappelons que l'on couvrira les questions de qualité dans la collecte de données de terrain séparément dans la leçon 3. Cette séparation de ces deux domaines d'AQ/CQ en différentes leçons tient à leurs caractères différents.

La collecte de données de terrain et les parties visuelles de l'interprétation de l'imagerie de télédétection sont réalisées par de nombreuses personnes – y compris non expertes – qui doivent être formées pour garantir la cohérence. Tandis que celles qui travaillent pendant une période longue peuvent tomber dans une certaine routine, dans la planification et les analyses, c'est principalement quelques experts spécifiques qui se chargent du travail. L'AQ/CQ est donc assez différente pour ces deux domaines.

Objectifs

A la fin de leçon, vous serez en mesure de:

1. Apprécier le rôle de l'AQ/CQ dans la planification et la phase d'analyse d'un IFN.
2. Identifier les mesures d'AQ/CQ dans la planification et la phase d'analyse d'un IFN.

L'AQ/CQ dans la préparation, la planification et la conception de l'IFN

Planifier et concevoir un IFN/SNSF est une tâche spécialisée et la première chose pour l'assurance qualité est de trouver des experts avec les compétences, l'expérience et les réseaux adaptés.

L'importance de la planification dans un IFN est souvent sous-estimée, et sa complexité n'est pas reconnue – cette étape exige une grande connaissance et des perspectives concernant de nombreux domaines, y compris les statistiques par échantillonnage, la dendrométrie, la modélisation statistique, la télédétection, le SIG, et la planification de projet et la communication. La planification et les analyses se produisent dans deux situations possibles:

Un IFN existe déjà	Un IFN doit être conçu
<p>Dans ce cas, il faut vérifier à nouveau la conception actuelle de l'IFN, et analyser les expériences et les suggestions d'amélioration des personnes qui ont été impliquées dans la mise en œuvre, afin de trouver des façons d'intégrer de possibles questions nouvelles émergentes dans le système de l'IFN. Maintenir la cohérence est ici une question centrale.</p>	<p>Cela peut arriver lorsqu'un pays prépare son premier IFN, ou que la conception d'un IFN précédent a été tellement déficiente qu'il est plus facile d'en concevoir un nouveau que d'essayer de modifier la conception antérieure. Dans ce cas, une nouvelle conception doit être mise au point qui répond aux attentes des parties prenantes en termes de couverture (de sujets), produits et précision (de l'estimation), et avec les options permises par le budget.</p>

Dans la phase de planification, la mesure courante d'AQ/CQ consistant à présenter les conditions générales de l'IFN et les attentes auxquelles il répond à d'autres experts d'universités locales, de réseaux régionaux d'IFN ou d'organisations internationales comme la FAO est une bonne pratique. La rétroalimentation d'experts indépendants sert à la fois d'AQ et de CQ de la conception de l'IFN. Il existe aussi la possibilité de formaliser ces demandes de rétroalimentation en invitant des experts indépendants externes dans un comité de conseil de l'IFN. Il est souvent difficile d'inviter ces experts et cela implique en outre un facteur de coût concernant les frais de voyage et les honoraires. Mais avoir une telle plateforme d'experts est susceptible de donner la meilleure AQ pour éviter les lacunes dans la conception de l'inventaire.

Un comité de conseil de l'IFN peut comprendre 3 à 5 experts avec une expérience des IFN, provenant possiblement des pays voisins avec des conditions générales similaires.



Rappel à la réalité

Le défi n'est pas seulement de trouver et constituer ce comité, mais aussi d'établir des créneaux pour des réunions. Évaluer un IFN demande du temps et un engagement des membres du comité de conseil et implique généralement de nombreuses discussions.

Cela peut, bien entendu, être réalisé via courriel, mais une réunion est la manière la plus efficace

et productive de discuter de la conception d'un IFN et des conditions et attentes sous-jacentes. Les réunions en ligne sont possibles, mais les réunions en personne offrent la possibilité supplémentaire de réaliser des visites de terrain – ce qui dans de nombreux cas est instructif et peut même parfois entraîner des révélations!

Intégrer un comité de conseil nécessite aussi des efforts d'organisation des planificateurs de l'IFN: le comité doit être établi et informé, et les réunions doivent être coordonnées, préparées, menées et documentées. Dans la phase de planification de la conception de l'IFN, il peut y avoir au moins deux réunions:

- une réunion préalable où la conception a fait l'objet d'une élaboration préliminaire; et
- une seconde réunion où l'on présente et discute de la tentative de conception finale.

En tout cas, recevoir l'«aval» d'un tel comité de conseil peut être considéré comme un certificat de qualité de la conception de l'IFN. Bien entendu, le comité peut accompagner non seulement la planification initiale, mais aussi les étapes suivantes d'analyse et notification des données. C'est la responsabilité des directeurs de l'IFN de maintenir le comité de conseil «actif». Il arrive parfois que le comité soit réuni une fois puis pratiquement oublié, produisant un grand mécontentement parmi ses membres..

L'AQ/CQ dans l'utilisation de données et modèles disponibles

L'utilisation de données disponibles

Lorsque l'on planifie un IFN, il est courant de saisir tous types de données qui peuvent servir à faciliter la planification ou la mise en œuvre. Ceci inclut l'utilisation de rapports d'inventaire forestier des inventaires infranationaux ou locaux, l'utilisation de cartes topographiques ou thématiques, et de données concernant les coûts du travail de terrain et des analyses de l'imagerie de télédétection (par ex. aujourd'hui des produits spatiaux mondiaux ou régionaux sont aussi disponibles pour fournir des données à utiliser pour informer les étapes initiales de la conception, même si des protocoles de validation adaptés doivent assurer que l'information est bien fiable pour le pays).

Dans ce contexte, l'AQ/CQ implique les mesures normalisées qui sont appliquées à l'utilisation de données disponibles dans toute étude scientifique: il faut connaître la provenance des données, avoir

accès aux définitions utilisées et au protocole de terrain, et – dans le meilleur cas – avoir aussi la possibilité de contacter les personnes qui ont relevé les données. Les données disponibles doivent être utilisées lorsque l'on comprend complètement les données et l'on peut être sûr que la qualité des données est suffisante pour être utile au projet d'IFN.

Pour certains produits (par ex. les cartes topographiques officielles), on peut supposer que la qualité a été vérifiées par les institutions de publication, de sorte qu'un contrôle supplémentaire n'est pas nécessaire en général.

L'utilisation de modèles statistiques: utiliser les modèles disponibles

Les modèles utilisés dans les IFN sont des modèles statistiques qui prédisent une variable à partir des observations d'autres variables. Typiquement, ces modèles statistiques ne sont pas construits dans l'IFN, mais issus de la littérature scientifique, souvent de rapports techniques d'instituts de recherche forestière ou d'universités. Ainsi, l'identification des ces modèles – et toutes les considérations de qualité connexes – est partie intégrante de la planification de l'inventaire. Beaucoup de modèles publiés dans la littérature scientifique sont actuellement disponibles sur la plateforme [GlobAllomeTree](#) (en anglais).

En utilisant ces modèles, il faut considérer qu'ils prédisent des valeurs moyennes et non pas la vraie valeur de la variable à prédire. Le fait que l'on travaille avec des valeurs moyennes au lieu des vraies valeurs introduit bien sûr une variabilité résiduelle par rapport à la mesure directe d'une variable. Lorsque l'on se réfère à l'utilisation de modèles disponibles, les questions de qualité touchent uniquement à la sélection du modèle à utiliser et à la vérification de son adéquation.

L'utilisation de modèles statistiques: créer ses propres modèles

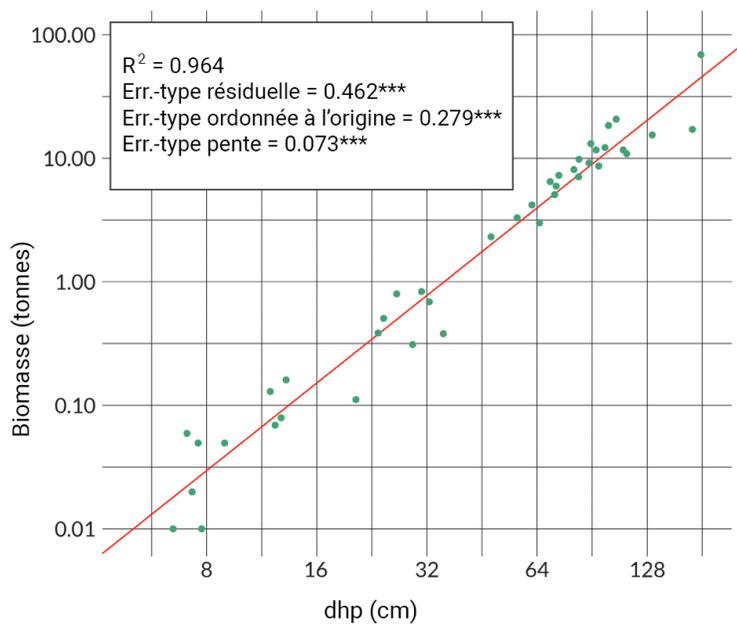
Bien que peu courant - après tout, il existe tellement d'IFN et d'inventaires forestiers à grande échelle, chacun avec ses propres modèles - il se peut qu'aucun modèle adéquat ne soit trouvé pour un IFN spécifique. Si c'est le cas, il faut considérer un investissement de temps et de ressources pour construire ses propres modèles. Cela peut être réalisé efficacement en collaboration avec des stations de recherche forestière ou des universités.

Toutes les considérations relatives à la qualité sont alors entre les mains du concepteur du modèle:

- nombre d'arbres échantillons;
- sélection des arbres échantillons (espèces, géographie et couverture de l'éventail de variables indépendantes); et
- mise en œuvre des mesures (y compris le traitement des échantillons ligneux dans le cas de modèles de biomasse ou de carbone).

La qualité interne d'un modèle de régression est souvent décrite par l'erreur-type de l'estimation, le coefficient de détermination et le niveau de signification des coefficients de régression estimés. Ces mesures quantifient à quel point le modèle s'ajuste aux données d'échantillon qui ont été utilisées pour construire le modèle.

Le niveau d'ajustement de la prédiction du modèle aux arbres échantillons sélectionnés indépendamment est la seconde question de contrôle qualité. Pour vérifier cela, on doit avoir des données d'arbres échantillons qui n'ont pas été utilisées dans la construction du modèle afin de pouvoir réaliser une validation indépendante du modèle. Cette validation indépendante a un caractère et une fonction identiques aux vérifications d'adéquation des modèles disponibles; ils doivent aussi être évalués par un ensemble indépendant d'arbres échantillons. Les modèles typiques mis au point pour une utilisation dans les IFN sont des modèles de biomasse, de hauteur et de volume des arbres.



AQ/CQ dans l'analyse de données

L'analyse de données dans les IFN est aussi une étape spécialisée dans laquelle seules quelques personnes sont impliquées. Le contrôle qualité couvre alors les points suivants:

1. La qualité des données de l'échantillonnage de terrain peut partiellement être vérifiée en temps réel directement pendant le travail de terrain à l'aide du logiciel installé sur les enregistreurs de données mobiles. Des vérifications de vraisemblance et des contre-vérifications sont intégrées dans le logiciel et l'étendue des vérifications de qualité est déterminée par la performance de ces applications. Généralement, les erreurs sévères peuvent être évitées, et pour les saisies de données peu vraisemblables, un avertissement peut être déclenché.
2. Certains problèmes de qualité de données ou de modèle, cependant, n'apparaissent qu'une fois les analyses réalisées. Cela peut concerner l'in vraisemblance de valeurs de la biomasse parcellaire élevées ou des fonctions de biomasse qui ont été appliquées en dehors de la plage de validité. Cela ne peut pas être contrôlé pendant l'acquisition des données sur le terrain, mais nécessite des analyses et un traitement des données. Cela signifie non seulement que la vraisemblance des données saisies doit être vérifiée, mais aussi celle des résultats. Néanmoins, comme avec beaucoup d'autres erreurs, seules celles qui ont un caractère d'anomalie pourront alors être identifiées. Les écarts faibles ne seront pas détectés. Par exemple, des algorithmes existent pour la détection de données invraisemblables (anomalies) pour guider l'analyste vers des décisions concernant l'approche avec laquelle les inclure dans l'analyse.



Exemple

Inventaire infranational en Amérique centrale

Un inventaire infranational en Amérique centrale offre ici un exemple intéressant. Des résultats ont été publiés pour différentes strates et classes de diamètre. Ce qui peut attirer ici l'attention est le matériel sur pied (volume) estimé relativement élevé, par exemple dans la strate I de 76,872 m³, dans la petite classe de *dhp* de 5 à 10 cm, alors que le nombre d'arbres avait été estimé à 643,420 arbres par hectare.

Autrement dit: le volume moyen par arbre individuel serait $76,872/643,420 = 0,12 \text{ m}^3$ – ce qui semble

élevé. En foresterie, un coefficient de forme est un coefficient de correction qui s'applique à l'estimation du volume d'un arbre, en prenant un cylindre parfait comme référence. Cette correction est due à ce que l'on appelle le défilement : la caractéristique de la plupart des arbres où le diamètre de la section de la tige à une hauteur particulière diminue avec la hauteur de tige. Supposant un diamètre moyen de ces 643 arbres de 7,5 cm et un coefficient de forme de 0,5, on peut calculer (selon la formule $v = \text{surface terrière} * \text{hauteur} * \text{coefficient de forme}$) une hauteur moyenne de $h = 49,2$ m, ce qui est impossible pour ces diamètres. Quelque chose n'a pas fonctionné ici et les résultats ne sont pas fiables une fois identifié ce problème.

Volume net par hectare par classe de développement et par strate

Type de développement	Définition (dhp en cm)	Arbres par hectare par classe de développement et par strate. TOUTES ESPÈCES.				
		I	II	III	IV	V
Régénération	5 - 9.9 cm	643	553	385	602	645
Perchis	10 - 49.9cm	645	568	413	609	754
Arbres mûrs	≥ 50 cm	17	14	18	8	6
Total		1305	1135	816	1219	1405

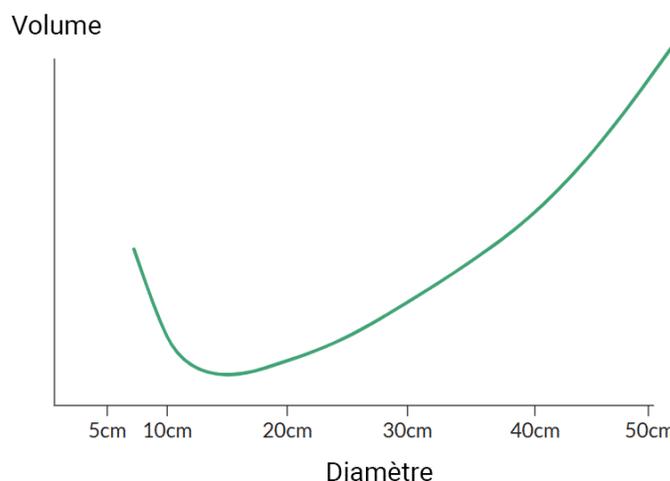
Arbres par hectare selon l'étape de développement et par strate (toutes espèces)

Type de développement	Définition (dhp en cm)	M3/ha Strates				
		I	II	III	IV	V
Régénération	5 - 9.9 cm	76	66	47	74	80
Perchis	10 - 49.9cm	227	273	198	271	318
Arbres mûrs	≥ 50 cm	45	28	51	19	17
Total		348	367	296	364	415

Bien que l'on ne sache pas quelle est la raison exacte du problème dans ce cas particulier, une explication possible est l'application à de petits arbres d'un modèle volumétrique qui a été construit

pour des arbres plus grands – et où le cours de la fonction volumétrique est atypique pour les diamètres moindres (en dehors de la plage de validité de ce modèle); ici, la fonction volumétrique avait été construite pour des arbres avec des valeurs de *dhp* entre 20 et 50 cm – et dans cette plage, la fonction volumétrique a exactement la forme que l'on pouvait attendre.

Cependant, si un modèle polynomial d'ordre supérieur a été choisi, il est **possible** – comme dans le cas illustré – que la forme du modèle soit erronée; ici, on aurait une surestimation énorme du volume des petits arbres où un arbre d'environ 7,5 cm de *dhp* aurait un volume prédit équivalent à un arbre avec un *dhp* d'environ 30 cm. Il s'agit certainement d'un cas extrême, mais cela sert uniquement ici d'illustration schématique.



Il ne suffit pas de produire les résultats, il faut également se pencher sur les résultats intermédiaires. Par exemple, lorsque l'on détermine la biomasse moyenne par hectare, on peut produire les estimations par point et par intervalle, et si elles semblent acceptables, on peut s'en satisfaire.

Néanmoins, il est possible que ces résultats contiennent encore des erreurs dissimulées, qui peuvent être détectées avec des étapes intermédiaires d'analyse. Une bonne option consiste à représenter graphiquement les distributions des valeurs d'entrée, par exemple les estimations par parcelle de la biomasse par hectare.

Si dans ces distributions, des anomalies sont détectées (des valeurs très élevées ou très faibles), il sera utile de revenir aux données parcellaires pour trouver si la valeur est correcte ou fondée sur des erreurs. Toutes les anomalies ne sont cependant pas des erreurs. Et les anomalies ne sont pas les seules suspectes – des erreurs peuvent aussi se dissimuler dans des valeurs qui ont l'air complètement

plausibles; mais celles-ci ne peuvent pas être identifiées individuellement dans la phase d'analyse.



Astuces rapides!

La meilleure mesure d'AQ/CQ est probablement de solliciter des analyses des résultats centraux à deux experts différents. La comparaison des deux résultats révélera alors une concordance totale, partielle ou inexistante – et quel que soit le résultat, le processus sera instructif.

Si cette double analyse est menée, on devra s'assurer que les deux experts travaillent sur les mêmes données. Les erreurs détectables ou les incohérences dans les données doivent être éliminées avant ces analyses doubles, car elles servent à vérifier la cohérence/qualité de l'analyse et non plus à vérifier la qualité des données.

Dans ce contexte, filtrer correctement les données (par ex. exclure les arbres morts dans certains cas ou exclure des arbres spécifiques de la construction du modèle, comme les courbes de hauteurs) est essentiel. Si des modèles sont impliqués, il s'agit aussi d'examiner le choix de ces modèles. Ainsi, une documentation correcte de tout le nettoyage des données et des étapes de filtrage doit être réalisée et partagée avec les experts, si des comparaisons et des validations exactes doivent être suivies à l'avenir, particulièrement si de nouveaux experts doivent refaire les analyses.

Résumé

Avant de conclure, voici les principaux points d'apprentissage de cette leçon:

- Dans la phase de planification, une mesure courante d'AQ/CQ consiste à présenter les conditions générales de l'IFN et les attentes auxquelles il répond à des experts, des réseaux régionaux d'IFN ou des organisations internationales.
- Les planificateurs des IFN saisissent tout type de données qui peuvent faciliter la planification ou la mise en œuvre de l'IFN, y compris des rapports d'inventaire forestier, des données d'inventaires infranationaux ou locaux, l'utilisation de cartes topographiques ou thématiques, ainsi que les données d'analyses de l'imagerie de télédétection.

Lorsque l'on se réfère à l'utilisation de modèles disponibles, les questions de qualité touchent uniquement à la sélection du modèle à utiliser et à la vérification de son adéquation.

L'analyse de données dans les IFN est un travail spécialisé dans lequel seules quelques personnes sont impliquées. Le CQ dans l'analyse de données est déterminé par des vérifications de vraisemblance et des contre-vérifications qui sont intégrées dans le logiciel et l'étendue des vérifications de qualité est déterminée par la performance de ces applications.

- La meilleure mesure d'AQ/CQ consiste à solliciter des analyses des résultats centraux à deux experts différents. La comparaison des deux résultats révélera alors une concordance totale, partielle ou inexistante – et quel que soit le résultat, le processus sera instructif.

Leçon 3: AQ/CQ dans les sources de données immédiates

Introduction de la leçon

Dans les IFN, toute information disponible et *a priori* utile est utilisée pour la planification de la conception et les problèmes de qualité correspondants ont été abordés dans la leçon 2 de ce cours. Typiquement, quelques personnes sont impliquées dans ces étapes et il s'agit généralement d'experts expérimentés des IFN qui sont en charge de la planification générale et sont responsables de cet exercice.

Pour évaluer la situation en cours en détail, pendant la mise en œuvre de l'IFN, la plupart des données originales est alors relevée, fréquemment à partir de centaines de parcelles d'échantillonnage de terrain et de grands ensembles d'imagerie de télédétection. Ces données sont centrales pour tout IFN car elles fournissent l'information sur la situation actuelle des forêts dans le pays et – en cas d'IFN répétés dans un système national de suivi des forêts – elles quantifient les changements réels qui ont eu lieu entre l'IFN en cours et le précédent.

Contrairement à la planification et la phase d'analyse de l'IFN (où des experts expérimentés des IFN sont en charge de la planification générale et responsables de l'exercice), de nombreuses personnes sont habituellement impliquées dans la mise en œuvre/la collecte de données de terrain, organisées en équipes de terrain qui travaillent principalement de manière indépendante (bien que communiquant régulièrement) sur le terrain.

En outre, si une interprétation visuelle d'imagerie de télédétection est menée, plusieurs interprètes sont impliqués. Les campagnes d'échantillonnage de terrain et d'interprétation de télédétection nécessitent par conséquent une formation rigoureuse de toutes les personnes impliquées et le CQ suppose une dimension différente du contrôle pendant la planification de la conception.

Dans cette leçon, nous abordons les principaux points d'AQ et de CQ dans l'échantillonnage de terrain et les analyses visuelles de télédétection.

Objectifs

A la fin de cette leçon, vous serez en mesure de:

1. Identifier la complexité de l'assurance qualité dans les mesures de terrain.

2. Expliquer comment la qualité des données peut être affectées pendant le travail de terrain: les sources d'erreur.
3. Reconnaître les mesures courantes de CQ dans le travail de terrain – et les mesures à prendre en cas de qualité inférieure.

Observations générales

Dans les IFN, les données de nombreuses variables sont collectées sur le terrain généralement par de nombreuses équipes de terrain différentes. Cela comprend tout type de variables: des variables métriques, des variables catégorielles, des variables nominales, etc.

Même si ces variables sont très clairement définies dans le protocole d'inventaire et les procédures de mesure, diverses sources d'incertitude persistent qui peuvent affecter la qualité des données relevées. Cela est vrai à la fois en termes d'exactitude absolue et en termes de cohérence entre les équipes de terrain. Ces problèmes de qualité (erreurs ou incertitudes) peuvent avoir pour origine:

- la variabilité résiduelle inhérente qui accompagne toute mesure empirique;
- les mauvaises interprétations du protocole d'inventaire; et
- la négligence délibérée du protocole d'inventaire, par exemple par les équipes de terrain qui sont fatiguées ou pensent qu'elles peuvent rendre leur travail de terrain plus efficace en s'écartant du protocole d'inventaire.

Nous souhaitons ici traiter le premier de ces trois points. Le second se réfère à un protocole d'inventaire mal écrit – et cela peut être évité en l'élaborant et le testant, et en sollicitant une rétroalimentation critique de collègues expérimentés dans les IFN.

De même, le troisième point ne devrait pas arriver: les équipes de terrain doivent savoir ce que l'on attend d'elles, et ignorer le protocole d'inventaire doit être considéré comme un interdit: une fois détecté et considéré significatif, un tel comportement peut mener au renvoi immédiat d'une équipe de terrain. Les incertitudes de la collecte de données de terrain de l'IFN se réfèrent à:

- l'établissement des parcelles;
- la mesure/l'élaboration des variables; et
- l'enregistrement des données.

Un bon protocole d'inventaire, bien entendu, définit et traite toutes les questions critiques pour ces

trois points.

Le manuel de terrain en tant que référence de base pour l'AQ

Le manuel de terrain (protocole de terrain) est un document central dans tout travail de terrain d'inventaire forestier. Il décrit tous les détails du travail de terrain, idéalement avec une exhaustivité qui ne laisse aucune question sans réponse – dans l'idéal, toutes les situations de terrain sont couvertes, avec une approche définie quant à la manière de les aborder. Cela facilite le travail des équipes de terrain, qui n'ont pas besoin de prendre de décisions individuelles (et peut-être discordantes).

Une adhérence stricte au protocole de terrain doit garantir la haute qualité de la collecte de données qui inclut une exactitude élevée, à savoir des erreurs de mesure/d'observation moindres. Cela nécessite une connaissance complète des définitions et des procédures de sorte que les étapes par défaut sont mises en œuvre correctement sans avoir besoin de se référer constamment au protocole de terrain. Le manuel de terrain devra alors principalement être consulté dans des cas particuliers et moins courants.

De la même manière, il est également important de produire un manuel de terrain pour l'équipe de contrôle d'AQ/CQ.

Former les équipes de terrain fait partie de l'AQ

Une formation exhaustive est une autre mesure par défaut d'AQ. L'étape de travail de terrain de tout IFN commence par la formation des équipes de terrain. Certaines des équipes peuvent avoir une large expérience du travail de terrain pour un inventaire forestier, d'autres, non. Il est important d'amener tous les membres des équipes de terrain à un niveau de compétences tel qu'ils seront capables de remplir les rôles assignés conformément aux stipulations du protocole de terrain.

Toute formation au travail de terrain d'un IFN doit repasser étape par étape le protocole de terrain et présenter et pratiquer chaque étape, depuis le travail préparatoire préalable à l'envoi sur le terrain, la recherche et l'atteinte des parcelles, l'observation des mesures de sûreté, la prise des mesures, et l'enregistrement des données.

Même si les membres des équipes de terrain ont souvent de faibles salaires, leurs tâches sont parmi les plus importantes, car la qualité des données dépendra d'eux.

Par conséquent, comme nous l'avons souligné de manière répétée dans ces cours, la formation doit aussi servir à rendre les membres des équipes de terrain fiers de participer à cet exercice important et à les motiver. Pousser les équipes agressivement est inutile, même si le calendrier d'inventaire est serré.



Le saviez-vous?

Voici un apport intéressant du magazine CHANCE, Vol. 17 N° 4/Automne 2004

«Le gouvernement est absolument ravi d’amasser de grandes quantités de statistiques. Celles-ci sont élevées au énième degré, les racines cubiques sont extraites, et les résultats sont ordonnés dans des présentations élaborées et impressionnantes. Il faut cependant garder à l’esprit que, dans chaque cas, les chiffres sont d’abord relevés par un gardien de village, et il relève bien ce qui lui chante».

Sir Josiah Charles Stamp (1880-1941).

Erreurs typiques dans le travail de terrain

Dans les deux domaines, soit **l’établissement des parcelles** et **les observations parcellaires**, voyons maintenant des points typiques qui doivent être observés lorsque la qualité générale est un problème.

Établissement des parcelles

Les positions des parcelles sont généralement déterminées par un point adimensionnel à partir duquel les arbres échantillons sont inclus selon un règle spécifique (plan parcellaire), et où d’autres variables sont observées comme celles relatives à la topographie, à la structure du peuplement et à la biodiversité.

Les positions des parcelles sont généralement trouvées par des récepteurs de système global de navigation par satellite (GNSS) et la qualité du récepteur détermine l’exactitude du résultat trouvé pour les coordonnées prédéfinies. Lorsqu’il ne s’agit que de collecte de données de terrain (sans intégration de modèles fondés sur la télédétection), l’exactitude absolue de la détermination de la position d’échantillon correcte est une préoccupation mineure – au moins si l’on parle d’exactitudes d’environ 5 à 20 mètres de la position absolue.

Il est néanmoins important que le positionnement du point soit exclusivement réalisé par le récepteur GNSS, et que toute préférence subjective pour ou contre une position de parcelle particulière soit exclue; cela pourrait donner lieu à un biais de sélection.

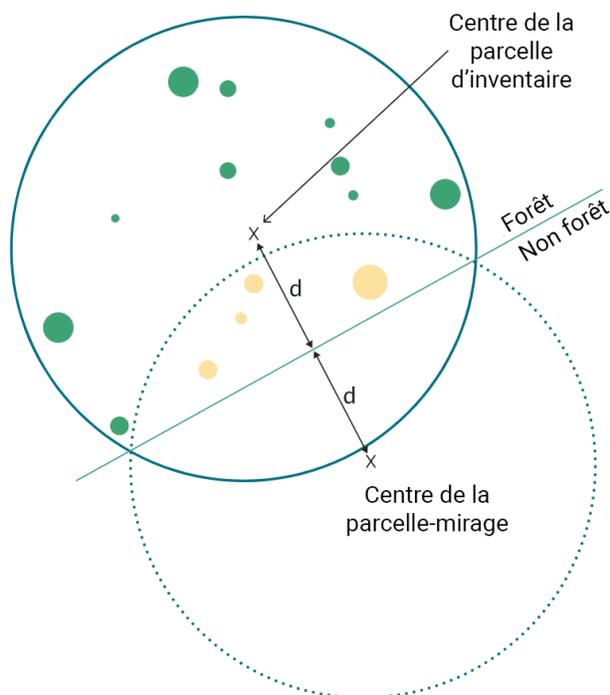
Cependant, cela change complètement lorsque les observations de terrain seront utilisées pour alimenter des modèles fondés sur la télédétection: alors, une concordance la plus exacte possible (co-enregistrement) des parcelles de terrain avec les parcelles de télédétection est essentielle pour que ces modèles soient de haute qualité; l'intégration des données de terrain et des données de télédétection devient plus précieuse pour le suivi et l'évaluation des ressources forestières à grande échelle. Des dispositifs GNSS de haute exactitude doivent alors être utilisés. Si la modélisation fondée sur la télédétection vise des caractéristiques des arbres individuels, par ex. par balayage laser aérien, une très haute exactitude de co-enregistrement est nécessaire pour que les arbres individuels sur le terrain puissent être attribués de manière fiable aux couronnes identifiées dans l'imagerie de télédétection.

À partir du point échantillon, les arbres échantillons sont inclus dans la parcelle selon une règle spécifique qui définit le plan parcellaire. Il est extrêmement important de s'assurer que les arbres qui respectent les règles du plan parcellaire sont exactement ceux inclus comme arbres échantillons. Omettre des arbres échantillons ou inclure des arbres n'appartenant pas à l'échantillon peut affecter l'estimation encore plus que des erreurs de mesure. Il faut faire attention sur le terrain aux arbres qui sont proches des limites de parcelle et pour lesquels il n'est pas évident de savoir s'ils sont à l'intérieur ou à l'extérieur! Finalement, tout est question de mesurer exactement les distances horizontales depuis le centre de la parcelle jusqu'au point qui définit la position de l'arbre selon le protocole d'inventaire.

La correction de pente est pertinente dans tout plan parcellaire, et également dans les plans dit «sans parcelle». Si – sur un terrain en pente – une correction de pente n'est pas appliquée, on produira une erreur systématique importante, car de nombreuses parcelles de forêt sont sur des pentes relativement fortes. Cela signifie que la mesure soignée de l'angle de pente est importante.

Les parcelles qui s'étendent au-delà de la limite de forêt doivent être correctement traitées. Autrement dit: ne pas omettre et ne pas remplacer ces parcelles qui ne sont que partiellement dans la forêt ou dans le peuplement forestier particulier. La meilleure option est ici d'appliquer la *technique du mirage* (en anglais) (voir par ex. Ducey et al., 2004).

Illustration de la technique du mirage (Ducey et al. 2004).



1. Mesurer la distance d depuis le centre de la parcelle d'inventaire jusqu'à la limite de forêt.
2. Reproduire la distance d de l'autre côté de la limite de forêt pour situer le centre de la parcelle-mirage.
3. Délimiter la parcelle-mirage depuis son centre.
4. Les arbres dans la région qui est commune à la parcelle d'inventaire et à son mirage (en orange) seront énumérés deux fois, tandis que les arbres en dehors de l'aire commune (en vert) sont énumérés une seule fois.

Bien que la non-réponse soit un problème courant dans les IFN, en particulier lorsqu'atteindre une position de parcelle est trop dangereux, risqué ou long, ou si l'accès est refusé, les équipes de terrain ne doivent pas décider légèrement de renoncer à atteindre une parcelle difficile, mais faire tout leur possible pour y accéder – dans le cadre des procédures de travail sûr, bien entendu.

Le travail de terrain est physiquement exigeant et dans certains cas, les équipes de terrain ont la mauvaise idée d'inventer des données pour des parcelles difficiles, qu'elles savent que les équipes de supervision ne visiteront pas. Des équipes de terrain expérimentées peuvent être capables des données fausses qui seront difficiles à identifier. Ce type de fraude est aussi connu dans les enquêtes auprès de la

population où l'on parle de fausses **données de trottoir** (curbstoning, en anglais, pour bord du trottoir), où l'enquêteur remplit lui-même les questionnaires assis sur le bord du trottoir. La meilleure façon d'éviter la tentation d'agir ainsi est de bien communiquer régulièrement avec les équipes de terrain et de construire une relation entre les superviseurs et les équipes de terrain fondée sur la confiance et le respect mutuels. On peut aussi considérer d'enregistrer par défaut les marques temporelles et les coordonnées des mesures parcellaires.

“J’ai répondu à une annonce et suivi à un cours. Après un temps étonnamment court, je suis devenu enquêteur officiel. Mon travail était de visiter des appartements qui n’avaient pas répondu à leurs formulaires de recensement. Pour m’identifier, on m’avait donné une mallette noire en plastique avec un grand autocollant rouge, blanc et bleu qui disait RECENSEMENT DES ÉTATS-UNIS. Je suis un homme blanc dégingandé d’un mètre quatre-vingt-treize; le gouvernement m’a envoyé à Chinatown. Bizarrement, ça a été un échec. Certaines personnes m’ont à peine regardé et m’ont fermé la porte au nez. Une femme âgée a fondu en larmes en me voyant. On m’a deux fois offert de l’argent pour que je parte. Peu de résidents avaient eu le temps de remplir le long formulaire.

J’ai fini par rencontrer un vieux de la vieille des recensements. «Pourquoi tu ne mets pas juste des données de trottoir?», m’a-t-il demandé. Les «données de trottoir», ai-je appris, étaient le jargon des enquêteurs pour remplir les formulaires avec une information inventée, assis sur le bord du trottoir.

- Mann, 1993

Conduite des mesures

Les problèmes de qualité se réfèrent à toutes les mesures et les observations, comme nous l’avons déjà souligné dans notre leçon sur les erreurs de mesure:

- Pour les variables métriques, il peut s’agir d’un écart de la mesure par défaut par rapport aux mesures répétées plus soigneuses d’une équipe de supervision de terrain.
- Pour les variables nominales, il peut s’agir d’une confusion de noms – par exemple dans l’identification des espèces d’arbres. Lorsque l’on attend explicitement qu’ils produisent des données fiables sur la diversité des arbres, un soin particulier doit être apporté à l’identification des espèces. Cela peut consister à engager des botanistes pour accompagner les équipes de terrain (ce qui est généralement un investissement cher) ou à prélever des spécimens pour leur identification postérieure dans une institution botanique (ce qui est un défi logistique, qui

obtenir les échantillons, les préserver sur le terrain et les envoyer à temps à l'institution botanique).

- Pour les variables catégorielles, il peut s'agir d'une confusion de classes/catégories.
- Lorsqu'un membre d'une équipe de terrain réalise une mesure/observation, crier la valeur de manière à ce que les autres puissent entendre et vérifier est une bonne pratique. Il est également recommandé, lorsque l'on prend des mesures de hauteur, distance ou diamètre, de faire d'abord une estimation visuelle avant de mesurer. Cela contribue à identifier si la mesure établie présente des incohérences avec l'estimation initiale, et si c'est le cas, l'examiner sur place.

Problèmes de qualité liés aux sources de données utilisées dans les IFN: données de télédétection

Les données de télédétection sont de plus en plus intégrées aux projets d'inventaire forestier. En particulier dans les petites surfaces et les inventaires de gestion forestière, les analyses des arbres individuels résultant d'imagerie de toujours plus haute résolution et de balayage laser aérien gagnent en importance.

En outre, dans de nombreux IFN, la télédétection joue un rôle fondamental, même si beaucoup d'IFN continuent à s'appuyer entièrement sur les évaluations de terrain.

Avant de pouvoir utiliser l'imagerie de télédétection pour tout objectif d'analyse et d'interprétation, le pré-traitement de l'imagerie correspondant – soit toute la correction géométrique et radiométrique – doit avoir été mené. Il s'agit d'une tâche pour les experts en analyse d'imagerie de télédétection et nous n'élaboreront pas plus ici.

L'intégration de la télédétection se réfère principalement à la télédétection de grandes aires par satellite (par ex. avec Landsat, Sentinel), y compris:

- Estimation de la surface forestière et des changements de la surface forestière, à partir de l'analyse de séries temporelles.
- Pré-stratification en types de forêt pour préparer un échantillonnage stratifié.
- Production de cartes thématiques, par exemple sur la biomasse ou le carbone, qui sont élaborées en utilisant les données de télédétection comme données porteuses pour la régionalisation.

Les approches courante d'assurance qualité et de contrôle qualité s'appliquent aux analyses de l'imagerie de télédétection.

Pour l'estimation des surfaces (forêt, types de forêt, stratification), l'évaluation d'exactitude courante est appliquée (*Évaluation d'exactitude cartographique et estimation de surface* (en anglais)) où l'interprétation des résultats est comparée aux observations de vérification au sol. Le résultat de cette comparaison est énuméré dans ce que l'on appelle une matrice de confusion. Le pourcentage de points correctement classifiés est alors l'«exactitude générale». L'exactitude peut être divisée, à partir de la matrice de confusion, en exactitudes des classes d'interprétation individuelles.

Il faut souligner ici que cette exactitude générale n'est pas une mesure de la précision de l'estimation comme nous la connaissons dans les études d'échantillonnage statistique, mais qu'il s'agit d'une quantification de l'**erreur de mesure**. Elle est ainsi à juste titre appelée **exactitude** et non pas **précision**.

Si les données de vérification au sol ont été relevées selon le plan d'échantillonnage statistique, on peut utiliser les résultats de la matrice de confusion pour obtenir des estimations corrigées des surfaces des classes individuelles, et pour ces classes corrigées, des erreurs-types peuvent être estimées. C'est une approche intéressante qui a été introduite par Olofsson (2014). De nouveau, de telles corrections de la surface ne seront strictement valides que si les points de vérification au sol ont suivi l'échantillonnage statistique.

Alors qu'il existe des approches normalisées de l'évaluation d'exactitude dans l'interprétation d'imagerie, il semble qu'il n'y ait pas de telle approche normalisée pour la quantification de l'exactitude (ou même la précision) de l'estimation des changements à partir de l'analyse d'une série d'images. Il existe encore un potentiel de recherche dans ce domaine. Bien que ce soit trop important pour être couvert ici, Olofsson (2014) offre une bonne introduction à ce sujet.

Lorsque l'on cherche à produire des cartes à partir de l'imagerie de télédétection, il faut lier les observations de terrain aux données d'imagerie afin d'établir les modèles requis qui peuvent être utilisés pour «étendre» les données des parcelles de terrain à toutes les autres zones de l'imagerie. Ici, le co-enregistrement entre les parcelles de terrain et l'imagerie de télédétection est importante pour l'exactitude de la carte résultante. Cela signifie que la mesure GNSS de la position des parcelles a une importance bien plus élevée que dans les inventaires purement de terrain. Pour ces derniers, la position GNSS sert principalement à la documentation et pour retrouver la parcelle pour des inventaires répétés – mais lorsque l'on fait concorder les pixels de télédétection à l'aire parcellaire sur le terrain,

l'exactitude de la position a évidemment une importance bien supérieure. On peut supposer que plus le modèle est amélioré, plus la concordance (le co-enregistrement) sera exacte.

Il n'existe quasiment aucune carte de télédétection dans laquelle la carte est validée indépendamment par de nouvelles données de terrain, mais l'exactitude du modèle (fondée sur les statistiques du modèle) est utilisée comme une mesure de la qualité générale de la carte.

Mesures typiques dans le CQ du travail de terrain

Principes généraux de contrôle qualité dans l'échantillonnage de terrain des IFN

Le contrôle qualité pour le travail de terrain des IFN est mis en œuvre en vérifiant les mesures des équipes de terrain. Une équipe de supervision qui est supposée prendre les mesures les meilleurs possibles accompagne une équipe de terrain (**vérifications à chaud**) ou recherche des parcelles déjà mesurées (**vérifications à froid**).

Généralement, entre 5 et 15 pour cent des parcelles de terrain font l'objet d'une vérification de qualité dans un inventaire forestier bien mis en œuvre. Bien entendu, la stratégie de la vérification de qualité doit être connue des équipes de terrain, ce qui peut être une incitation à travailler avec beaucoup de soin. De plus, les équipes de terrain doivent connaître les cibles de qualité concrètes, ainsi que les conséquences en cas de non conformité.

Le nombre et le mode de sélection des parcelles à contrôler sont déterminés par l'équipe de coordination de l'IFN. Il est significatif de réaliser une sélection de manière à ce que toutes les équipes de terrain soient contrôlées. En outre, si des parcelles de terrain difficiles et moins difficiles peuvent être distinguées, les deux doivent être couvertes. Le nombre exact de parcelles à contrôler est une décision de gestion (et dépend du coût). Il est recommandé de commencer tôt les mesures de contrôle, avant que toutes les parcelles soient mesurées et lorsque les équipes de terrain sont encore formellement sous contrat.

On peut organiser les efforts de contrôle en plusieurs campagnes, où la première a lieu après quelques semaines de travail de terrain: il y a alors une meilleure chance d'identifier des problèmes et il est possible d'organiser une autre séance de formation pour certaines équipes de terrain, ou pour toutes.

Les vérifications à froid comme mesure de CQ

Par **vérifications à froid**, on se réfère à la visite de parcelles déjà entièrement mesurées par une équipe de contrôle de supervision, une activité également appelée **parcours de vérification**. L'équipe de contrôle indépendante se rend sur le terrain et mesure une parcelle qui a déjà été mesurée par une équipe de terrain régulière. Les vérifications à froid ont exclusivement un caractère de contrôle. Cela signifie que leurs mesures ne vont **pas** en principe faire partie de l'inventaire, bien qu'elles puissent être utilisées pour détecter des biais et des anomalies dans les données des équipes de terrain régulières.

L'équipe de contrôle (supervision) vérifie toutes les mesures sur la parcelle et les compare aux exigences d'exactitude. En outre, l'équipe de contrôle a la possibilité de vérifier si la position de la parcelle a été bien documentée et s'il est facile de trouver les parcelles marquées de manière permanente. Il s'agit là d'un point critique de la mesure de terrain, car une parcelle est essentiellement un échec si elle ne peut pas être retrouvée plus tard dans le temps.

Apporter une rétroalimentation aux équipes de terrain contrôlées est alors une bonne pratique. Si nécessaire, une séance «plénière» avec toutes les équipes de terrain peut être organisée pour cela. Les équipes de terrain avec une performance clairement insatisfaisante doivent être appelées pour une discussion permettant d'identifier les causes de la performance inférieure et d'établir des moyens fiables d'amélioration.

Les vérifications à chaud comme mesure d'AQ et de CQ

Par **vérifications à chaud**, on se réfère à la visite d'une parcelle à mesurer lorsque l'équipe de contrôle se rend sur le terrain avec les équipes de terrain. Les vérifications à chaud ont un caractère mixte de contrôle qualité et d'assurance qualité, et elles peuvent aussi s'avérer avoir un caractère de formation avancée.

Les vérifications à chaud sont généralement perçues comme un moyen de contrôle moins strict car les équipes régulières savent qu'elles sont observées et contrôlées. Cela peut biaiser les résultats en apportant une meilleure qualité, mais aussi augmenter la motivation des équipes de terrain régulières lorsqu'elles reçoivent une rétroalimentation immédiate et constructive.

Les vérifications à chaud permettent de contrôler le processus d'établissement de la position et de marquage permanent d'une parcelle – mais elles ne permettent pas de vérifier si ces parcelles peuvent être facilement retrouvées pour des mesures répétées, comme c'est le cas des vérifications à froid.

Mesures à prendre

Il n'y a pas réellement beaucoup de mesures à prendre lorsque des équipes de terrain ne se conforment

pas aux exigences d'exactitude.

Il peut arriver que la non-conformité soit liée à un manuel de terrain ou une formation imparfaits. Dans ces cas-là, une actualisation du manuel de terrain peut être indiquée, ou une autre formation est nécessaire. Cela serait une conséquence typique de mesures de contrôle très précoces. Si le contrôle n'a lieu qu'après les mesures de toutes les parcelles, ces résultats serviront principalement pour les futurs IFN.

1. Si l'atteinte des cibles d'exactitude est sérieusement compromise, les équipes de terrain devraient mesurer à nouveau toutes leurs parcelles après la dernière campagne de contrôle. Les critères pour cette mesure sévère doivent être connus à l'avance. Une des raisons peut être l'omission d'enregistrement systématique de certains arbres, bien qu'ils fassent partie de la parcelle.
2. S'il y a des problèmes de performance encore pires, comme des données parcellaires inventées, le renvoi des équipes de terrain peut être considéré. Cela aussi doit être clairement établi depuis le départ et cette annonce doit faire partie de la formation.
3. Il est aussi très important que des sauvegardes fréquentes (préférentiellement quotidiennes) soient envoyées par les équipes de terrain au serveur central pour éviter la perte d'information, et qu'un agent soit responsable de vérifier ces sauvegardes dans le cadre du processus de CQ, afin de pouvoir renvoyer une équipe sur la parcelle si l'information a été perdue ou est clairement erronée, avant que l'équipe ne soit trop loin.

Résumé

Avant de conclure, voici les principaux points d'apprentissage de cette leçon:

- Même si les variables d'un IFN sont très clairement définies dans le protocole d'inventaire et les procédures de mesure, un champ d'incertitudes persiste toujours dans l'exactitude des données issues des parcelles-échantillons de terrain.
- Le manuel de terrain est par conséquent un document central dans tout IFN, et toutes les équipes de terrain doivent strictement adhérer aux protocoles documentés.
- Toute formation au travail de terrain d'un IFN doit inclure une explication rigoureuse du manuel de terrain.

- Le contrôle qualité du travail de terrain d'un IFN est mis en œuvre en vérifiant les mesures des équipes de terrain – en accompagnant une équipe de terrain («vérifications à chaud») ou en recherchant des parcelles déjà mesurées («vérifications à froid»).
- Généralement, entre 5 et 15 % des parcelles de terrain font l'objet d'une vérifications de qualité dans un inventaire forestier bien mis en œuvre.